Teknika 20 (2): 469-480

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Rancang Bangun Sistem *Monitoring State of Health* (SoH) Baterai Berbasis *Internet of Things* (IoT) Terintegrasi Platform *Blynk*

Abi Nandio Pratama*[1], Rini Puji Astutik[2]

[*1, 2]Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: *abi.nandio@gmail.com*

Abstrak

Meningkatnya penggunaan perangkat portabel dan sistem energi menuntut baterai yang andal dan terpantau dengan baik. Penelitian ini mengusulkan sistem monitoring State of Health (SoH) berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan sensor INA226 yang terintegrasi dengan Blynk untuk pemantauan real-time. Kapasitas aktual dihitung melalui integrasi arus terhadap waktu dan dibandingkan dengan kapasitas nominal untuk menentukan nilai SoH. Hasil pengujian menunjukkan error tegangan sebesar 0,060% dan arus 18,92%. Pengujian baterai 12 V 5 Ah menghasilkan kapasitas 4,23 Ah dengan SoH 84,6% sehingga tergolong kondisi baik (≥80%) berdasarkan standar IEEE. Sistem ini mampu melakukan monitoring secara andal serta memberikan manfaat dalam deteksi dini penurunan kinerja baterai dan meningkatkan keandalan pengelolaan sistem berbasis baterai.

Kata kunci*—Baterai, ESP32, INA226, IoT, SoH*

Abstract

The increasing use of portable devices and energy systems requires reliable batteries with proper monitoring. This study proposes an Internet of Things (IoT)-based State of Health (SoH) monitoring system using ESP32 and the INA226 sensor integrated with Blynk for real-time observation. The actual capacity is calculated by integrating current over time and compared with the nominal capacity to determine the SoH value. The test results show a voltage measurement error of 0.060% and a current error of 18.92%. Testing on a 12 V 5 Ah battery produced an actual capacity of 4.23 Ah with an SoH value of 84.6%, which is categorized as good condition (≥80%) based on IEEE standards. The system is capable of reliable real-time monitoring and provides benefits in early detection of battery performance degradation, thereby improving the reliability of battery-based system management.

Keywords*—Battery, ESP32, INA226 , IoT, State of Health*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat pada perangkat portabel, kendaraan listrik, dan sistem energi terbarukan menuntut penggunaan baterai dengan kinerja yang stabil dan umur pakai panjang [1,2]. Baterai merupakan salah satu sumber energi listrik yang banyak digunakan

Received: April 7, 2026; Online Available: May 2, 2026

untuk mendukung pengoperasian perangkat elektronik *portable* karena sifatnya yang praktis, baterai dirancang sebagai media penyimpan energi listrik yang dapat digunakan dalam jangka waktu tertentu. Secara umum, baterai yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari terbagi menjadi dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Kedua jenis baterai tersebut memiliki fungsi yang sama, yaitu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai primer bersifat sekali pakai *(disposable)* dan banyak digunakan karena mudah diperoleh. Sedangkan baterai sekunder merupakan baterai yang dapat diisi ulang *(rechargeable battery)* [3].

Beberapa permasalahan pada sistem kelistrikan akibat gangguan baterai sering terjadi di sektor industri. Salah satu kasus yang terjadi pada tahun 2023 di salah satu stasiun di Jakarta menunjukkan baterai pada sistem UPS mengalami kondisi *under voltage* dengan nilai sekitar 6 volt, padahal seharusnya berada pada tegangan 12 volt. Untuk menjaga kinerja baterai, diperlukan pemantauan melalui perhitungan *State of Charge (SoC)* dan *State of Health (SoH)* [4]. SoC menunjukkan perhitungan energi sisa pada baterai yang dibandingkan dengan energi pada saat baterai terisi penuh [5,6]. Selain itu, parameter penting lain dalam menilai performa baterai adalah *State of Health* (SoH), yang menggambarkan tingkat kesehatan baterai berdasarkan perbandingan antara kapasitas aktual hasil pengosongan dengan kapasitas awal baterai pada kondisi tertentu [7,8]. Pemantauan SoH menjadi sangat penting karena penurunan kualitas baterai dapat berdampak pada penurunan performa sistem, risiko kegagalan, hingga potensi bahaya yang berkaitan dengan keselamatan pengguna [9].

Dalam implementasinya, banyak sistem masih melakukan pemantauan kondisi baterai secara manual atau terbatas pada parameter dasar seperti tegangan dan arus. Kondisi ini membuat proses evaluasi kesehatan baterai kurang akurat dan tidak dapat dilakukan secara *real-time* [10].

Degradasi baterai seiring bertambahnya usia telah banyak diteliti dalam berbagai studi terkini, khususnya pada baterai lithium-ion yang banyak digunakan dalam sistem energi modern [11]. Seiring dengan proses penuaan, kinerja baterai mengalami penurunan yang berkaitan dengan perubahan karakteristik kimia dan elektrokimia di dalam sel [12]. Salah satu mekanisme utama yang terjadi adalah pembentukan dan pertumbuhan lapisan antarmuka elektrolit padat (*Solid Electrolyte Interphase*/SEI), yang berkontribusi terhadap peningkatan resistansi internal baterai serta penurunan efisiensi dan daya keluaran maksimum baterai [13]. Kehilangan kapasitas dan penurunan daya merupakan faktor utama yang mengendalikan degradasi performa baterai, yang pada akhirnya berdampak pada kemampuan sistem dalam beroperasi secara optimal [14].

Penurunan kapasitas disebabkan oleh beberapa faktor, seperti hilangnya situs ikatan pada material aktif dan hilangnya ion Litium aktif. Kehilangan kapasitas baterai yang signifikan akan mengakibatkan pengoperasian baterai yang tidak efektif [15].

Berkurangnya kemampuan penyimpanan energi pada baterai yang tidak terpantau dapat menyebabkan penurunan kinerja sistem, sehingga diperlukan sistem *monitoring State of Health* (SoH) yang mampu memberikan informasi kondisi baterai secara *real-time*. Dalam penelitian ini, ESP32 dipilih karena sudah dilengkapi fitur WiFi dan mampu mengolah data dengan baik untuk kebutuhan *IoT* sementara *Blynk* dipilih karena mudah digunakan serta memudahkan proses *monitoring* dan kontrol melalui *smartphone*. Jika ditinjau dari berbagai platform *IoT* lainnya, kombinasi ESP32 dan *Blynk* dinilai lebih praktis, efisien dan mudah untuk diterapkan dalam pengembangan sistem ini.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun. Metode ini bertujuan untuk merancang, merealisasikan, serta menguji kinerja suatu sistem *monitoring State of Health* **(**SoH**)** baterai berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan platform *Blynk* sebagai antarmuka pemantauan jarak jauh.

Penelitian ini meliputi tahapan perancangan perangkat keras *(hardware)*, pengembangan perangkat lunak *(software)*, integrasi sistem IoT, serta pengujian dan analisis data hasil *monitoring* SoH baterai.

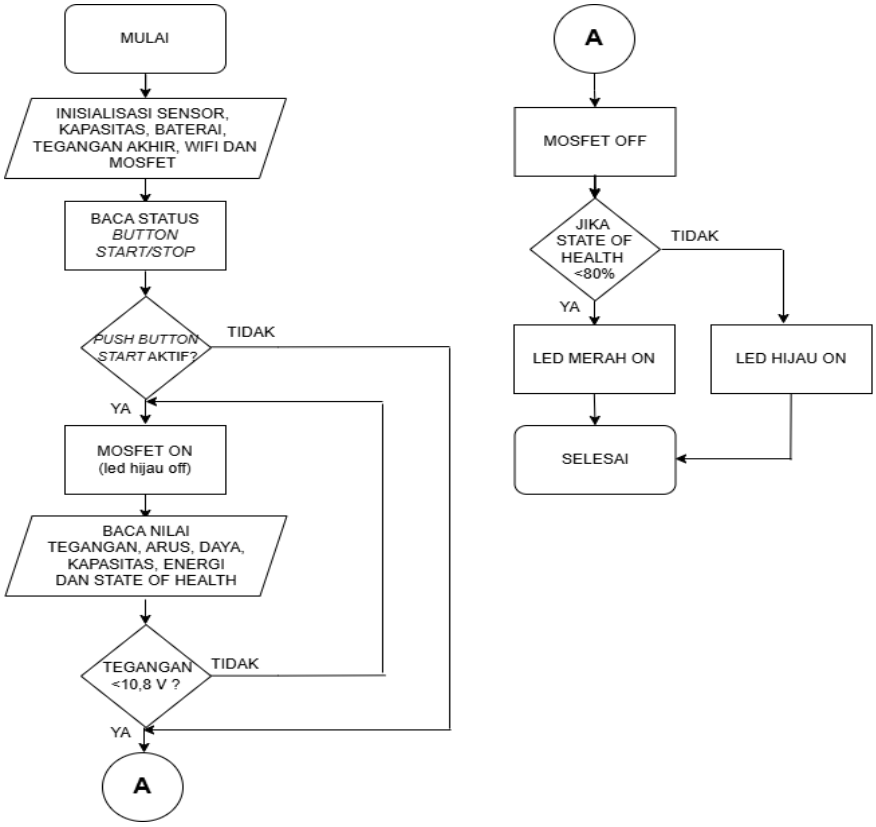
2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, *datasheet* komponen, serta dokumentasi platform *Blynk* yang berkaitan dengan konsep baterai dan *State of Health* (SoH), metode perhitungan SoH baterai, sistem *monitoring* berbasis IoT dan sensor arus dan tegangan baterai.

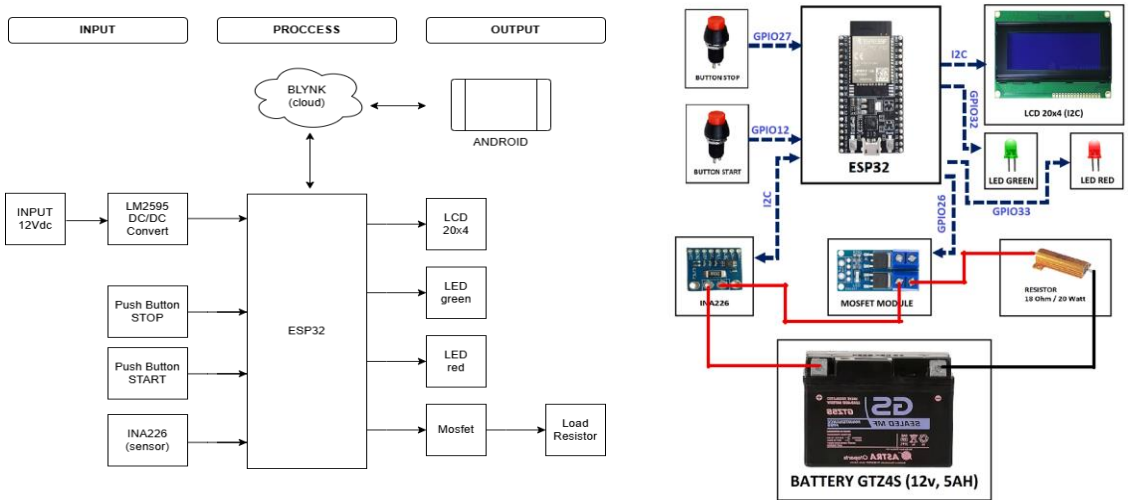
Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Pada tahap ini perakitan seluruh komponen sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Perangkat lunak dikembangkan untuk membaca data sensor, menghitung nilai SoH, serta mengirim data ke platform *Blynk* melalui jaringan internet. Sistem dihubungkan dengan platform *Blynk* sehingga data hasil *monitoring* dapat ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi *smartphone.* Pengujian dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor, kestabilan komunikasi IoT, serta keandalan sistem *monitoring* SoH. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui performa sistem serta kesesuaian hasil *monitoring* dengan kondisi baterai yang sebenarnya.

2.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Pada Gambar 1 merupakan *flowchart* dari sistem Rancang Bangun Sistem *Monitoring State of Health* (SoH) Baterai Berbasis *Internet of Things* (IoT) Terintegrasi Platform *Blynk* dan juga diagram sistemnya.



Gambar 1 *Flowchart sistem monitoring SoH*



Gambar 2 Diagram dan Rangkaian Sistem *monitoring* SoH

Diagram dan rangkaian sistem seperti Gambar 2 pada penelitian ini menggambarkan alur kerja sistem *monitoring State of Health (SoH)* baterai berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *input*, *process*, dan *output*. Pembagian ini bertujuan untuk memperjelas fungsi masing-masing komponen dalam sistem sehingga alur kerja dapat dipahami secara sistematis.

Pada bagian *input*, sistem memperoleh sumber daya dan data awal. Tegangan 12 V DC digunakan sebagai sumber daya utama sekaligus sebagai objek pengujian baterai. Tegangan tersebut kemudian diturunkan oleh modul LM2595 DC/DC *converter* agar sesuai dengan kebutuhan kerja mikrokontroler dan komponen pendukung lainnya. Selain itu, sistem dilengkapi dengan *push button start* dan *stop* yang berfungsi sebagai perintah manual untuk memulai dan menghentikan proses *monitoring*. Sensor INA226 digunakan untuk mengukur parameter utama baterai berupa tegangan dan arus secara *real-time*, yang selanjutnya menjadi data dasar dalam perhitungan nilai SOH baterai.

Bagian *process* berfungsi sebagai pusat pengolahan data sistem. Mikrokontroler ESP32 bertugas menerima data hasil pengukuran dari sensor INA226, kemudian mengolah data tersebut untuk menghitung nilai *State of Health (SoH)* baterai. Selain melakukan pengolahan data, ESP32 juga mengendalikan proses kerja sistem serta mengirimkan hasil *monitoring* ke platform *Blynk (cloud)* melalui koneksi internet. Integrasi dengan *Blynk* memungkinkan sistem bekerja berbasis IoT sehingga data dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan perangkat mobile.

Pada bagian *output*, sistem menampilkan dan mengeksekusi hasil pengolahan data. Informasi berupa tegangan, arus, dan nilai SOH baterai ditampilkan secara langsung melalui LCD. LED hijau dan LED merah digunakan sebagai indikator visual kondisi sistem dan kesehatan baterai, di mana LED hijau menandakan kondisi normal, sedangkan LED merah menunjukkan kondisi peringatan atau baterai mengalami penurunan kesehatan. Selain itu, MOSFET berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutus *load resistor* yang digunakan sebagai beban dalam proses pengujian baterai.

Secara keseluruhan, diagram sistem ini menunjukkan bahwa seluruh komponen saling terintegrasi untuk membentuk sistem *monitoring State of Health* (SoH) baterai yang mampu bekerja secara otomatis, *real-time*, dan berbasis *Internet of Thing* (IoT).

2.3 Perencanaan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan dan mengintegrasikan seluruh komponen pada sistem *monitoring State of Health* baterai berbasis

Internet of Things. Perangkat lunak berfungsi sebagai pengolah data sensor, pengendali sistem, serta penghubung antara perangkat keras dengan platform *Blynk.*

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dengan bantuan Arduino IDE dan diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32. Program diawali dengan proses inisialisasi yang meliputi konfigurasi pin input dan output, inisialisasi sensor INA226, LCD 20×4, serta koneksi jaringan WiFi dan autentikasi ke platform *Blynk*.

Setelah proses inisialisasi, sistem melakukan pembacaan data tegangan dan arus baterai secara berkala. Data tersebut kemudian diolah oleh ESP32 untuk menghitung kapasitas baterai dalam satuan *ampere-hour* (Ah) dan nilai *State of Health* berdasarkan perbandingan antara kapasitas aktual dan kapasitas nominal baterai.

Hasil pengolahan data dikirimkan ke platform *Blynk* untuk ditampilkan secara *real-time*. Pada aplikasi *Blynk*, data ditampilkan dalam bentuk nilai numerik dan grafik *State of Capacity* (Ah) sehingga pengguna dapat memantau perubahan kapasitas baterai terhadap waktu. Selain fungsi *monitoring*, aplikasi *Blynk* juga dilengkapi dengan fitur kontrol *start* dan *stop* yang memungkinkan pengguna untuk memulai dan menghentikan proses pengujian baterai secara jarak jauh melalui *smartphone.*

Selain ditampilkan pada aplikasi *Blynk*, informasi tegangan, arus, kapasitas, dan nilai SoH juga ditampilkan secara lokal pada LCD. Perangkat lunak juga mengendalikan LED indikator dan MOSFET sebagai pengatur beban selama proses pengujian baterai.

Dengan perancangan perangkat lunak yang terstruktur dan terintegrasi dengan platform *Blynk*, sistem mampu melakukan *monitoring* dan pengendalian kondisi baterai secara *real-time***,** jarak jauh, dan mudah digunakan.

2.4 Perhitungan State of Capacity

Perhitungan *State of Charge* (SoC) pada baterai dengan metode *Coulomb Counting* dilakukan berdasarkan akumulasi jumlah muatan listrik (*Coulomb*) yang masuk maupun keluar dari baterai selama interval waktu tertentu. Prinsip dasar metode ini mengacu pada hubungan antara arus dan muatan listrik, dimana arus merupakan laju aliran muatan per satuan waktu.

Secara matematis, jumlah muatan yang berpindah dapat diperoleh melalui integral arus terhadap waktu pengamatan. Nilai muatan total tersebut kemudian dibandingkan dengan kapasitas nominal baterai untuk menentukan perubahan SoC. Dengan demikian, estimasi SoC diperoleh dengan menambahkan selisih muatan yang terintegrasi terhadap nilai SoC awal.

Metode *Coulomb Counting* dinyatakan dalam bentuk persamaan integral arus terhadap waktu yang dinormalisasi terhadap kapasitas baterai, sehingga menghasilkan estimasi perubahan persentase kapasitas tersisa selama proses pengisian maupun pengosongan baterai. Secara matematis, perhitungan SoC dinyatakan pada Persamaan (1) selain itu hubungan antara arus,waktu dan jumlah muatan listrik yang terakumulasi dinyatakan secara sederhana pada Persamaan (2)

$$SOC = SOC_0 + \left(\frac{\int_{t_0}^{t_n} I \, dt}{Q_{rate}} \times 100 \right) \quad (1)$$

$$Q = I.t \quad (2)$$

SOC	:	Nilai SoC saat waktu $t = n$ (%)
SOC_0	:	Nilai pengukuran tegangan dari multimeter digital
Q_{rate}	:	Nilai maksimum kapasitas baterai (Coloumb)
Q	:	Muatan Couloumb Listrik
I	:	Arus terukur pada baterai (A)
T	:	Waktu (detik)
t_0	:	Waktu sebelum pengisian atau pengosongan (detik)
t_n	:	Waktu saat $t = n$ (detik)

2.5 Perhitungan State of Health

Perhitungan *State of Health* (SoH) baterai pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesehatan baterai berdasarkan kemampuan baterai dalam menyimpan energi dibandingkan dengan kapasitas nominalnya. Nilai SoH dinyatakan dalam bentuk persentase dan digunakan sebagai indikator utama dalam sistem *monitoring* baterai yang dirancang.

Metode perhitungan SOH pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan nilai arus terhadap waktu selama proses pengujian baterai. Data arus baterai diperoleh dari sensor INA226 yang dibaca secara periodik oleh mikrokontroler ESP32.

Nilai *State of Health* baterai diperoleh dengan membandingkan kapasitas aktual baterai terhadap kapasitas nominal baterai sesuai spesifikasi pabrikan. Secara matematis persamaan rasio antara kapasitas aktual dan kapasitas nominal baterai. Persamaan untuk menghitung SoH pada penelitian ini ditunjukan pada persamaan (3).

$$SOH(\%) = \frac{Q_{aktual}}{Q_{nominal}} \times 100\% \quad (3)$$

SoH	:	Nilai Persentase Kesehatan baterai(%)
Q_{aktual}	:	Nilai pengukuran pengosongan kapasitas baterai (Ah)
$Q_{nominal}$	:	Nilai maksimum kapasitas baterai (Ah)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Perancangan alat

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan direalisasikan sebuah alat *monitoring* kondisi baterai yang mampu mengukur parameter kelistrikan baterai serta menampilkan hasilnya secara *real-time*. Alat yang dirancang berfungsi untuk memantau kesehatan baterai *(State of Health)* dan kapasitas baterai dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things.*



Gambar 3 Perancangan Alat

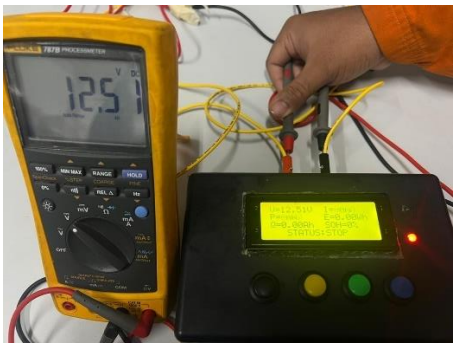
Perancangan alat dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang saling mendukung. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan data dan konektivitas WiFi. Sensor INA226 digunakan untuk mengukur nilai arus dan tegangan baterai sebagai data utama dalam perhitungan kondisi baterai. Selain itu, digunakan LCD 20×4 sebagai media tampilan lokal, *push button* sebagai kontrol manual, LED indikator sebagai penanda kondisi sistem, serta MOSFET dan *load resistor* sebagai pengatur proses pengujian baterai.

Seluruh komponen dirangkai sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat sehingga alat dapat bekerja secara terintegrasi. Perangkat lunak yang ditanamkan pada ESP32 berfungsi untuk membaca data sensor, mengolah data, serta mengirimkan hasil pengukuran ke platform *Blynk* melalui jaringan internet.

Secara keseluruhan, hasil perancangan alat menunjukkan bahwa sistem yang dibuat dapat bekerja dengan baik, stabil, dan mudah digunakan.

3.2 Pengujian Sensor Tegangan dan Arus

Pengujian sensor tegangan dan arus INA226 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca nilai tegangan dan arus baterai. Hasil pengujian ini digunakan untuk memastikan bahwa sensor INA226 layak digunakan sebagai perangkat pengukuran pada sistem *monitoring State of Health* (SoH) baterai yang dirancang.



Gambar 4 Pengujian Sensor Tegangan INA226



Gambar 5 Pengujan Sensor Arus sensor INA226

Pengujian pada Gambar 4 dan Gambar 5 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor INA226 dengan alat ukur standar berupa multimeter digital Fluke787B dan amperemeter. Sensor membaca tegangan DC dari power supply sebesar 12.51 Volt pada multimeter dan membaca 12.51 Volt pada sensor INA226. Sensor INA226 dipasang pada rangkaian pengujian baterai, kemudian nilai tegangan dan arus dibaca secara bersamaan menggunakan sensor dan multimeter. Selanjutnya, hasil pembacaan tersebut dicatat dan dianalisis untuk mengetahui nilai selisih dan persentase kesalahan *(error).*

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan mengukur tegangan baterai pada beberapa kondisi beban. Hasil pembacaan sensor INA226 dibandingkan dengan hasil pengukuran multimeter digital. Berikut hasil dari pengujian sensor ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan INA226

V *Sensor* (V_{DC})	**V *Referensi* (V_{DC})**	**ΔV (V_{DC})**	***Error*(%)**
2,51	2,509	0,001	0,039857
5,51	5,5	0,01	0,181818
6,01	6	0,01	0,166667
6,51	6,5	0,01	0,153846
7	7	0	0
7,5	7,5	0	0
8,51	8,51	0	0
10,01	10	0,01	0,1
12,51	12,51	0	0
15,01	15	0,01	0,066667
20,01	20,01	0	0
25,01	25	0,01	0,04
30,02	30,01	0,01	0,033322

Avarages	**0,005461538**	**0,060167**

Persentase error dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$Error(\%) = \left| \frac{V_{sensor} - V_{referensi}}{V_{referensi}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

V sensor : Nilai pengukuran tegangan dari sensor INA226
V referensi : Nilai pengukuran tegangan dari multimeter digital
ΔV : Selisih antara V sensor dengan V referensi
Error : Nilai persentase dari ΔVı terhadap V referensi

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, sensor INA226 mampu membaca tegangan dengan nilai *error* yang relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran. Pengujian sensor arus dilakukan dengan mengalirkan arus ke beban membandingkan hasil pembacaan arus sensor INA226 dengan multimeter digital UNI-T UT203 sebagai nilai referensi.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Arus (INA226)

I *Sensor* (mA)	**I *Referensi* (mA)**	**ΔI (mA)**	***Error*(%)**
758	610	148	24,2623
753	600	153	25,5
751	600	151	25,16667
743	600	143	23,83333
736	610	126	20,65574
711	600	111	18,5
707	590	117	19,83051
700	600	100	16,66667
691	560	131	23,39286
684	600	84	14
674	600	74	12,33333
661	600	61	10,16667
648	580	68	11,72414
Avarages		**112,8461538**	**18,92555**

Persentase *error* arus dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$Error(\%) = \left| \frac{I_{sensor} - I_{referensi}}{I_{referensi}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

I sensor : Nilai pengukuran arus dari sensor INA226
I referensi : Nilai pengukuran arus dari multimeter digital
ΔI : Selisih antara I sensor dengan I referensi
Error : Nilai persentase dari ΔI terhadap I referensi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor INA226 mampu membaca arus dengan tingkat kesalahan yang masih dapat diterima untuk aplikasi *monitoring* baterai. Berdasarkan hasil pengujian tegangan dan arus, sensor INA226 menunjukkan performa pengukuran yang cukup baik dan stabil dengan nilai rata-rata *error* 18% dan delta current 112mA relatif kecil dan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap perhitungan kondisi baterai.

Perbedaan nilai pembacaan antara sensor dan multimeter dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti toleransi komponen, resolusi sensor, serta kondisi rangkaian dan beban yang digunakan saat pengujian. Namun demikian, secara keseluruhan sensor INA226 dapat digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada sistem *monitoring* SoH baterai yang dirancang.

3.3 Pengujian Sistem

3.3.1 Pengujian Discharging Baterai

Pengujian sistem *discharge* pada alat dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat dalam melakukan proses pengosongan baterai secara langsung melalui rangkaian beban yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat mampu mengalirkan arus *discharge* secara stabil serta menampilkan informasi kondisi baterai dengan benar. Pengujian *discharging* baterai dilakukan menggunakan alat uji dengan spesifikasi pada Tabel 3.

Tabel 3 Spesifikasi alat uji

No	Deskripsi alat uji	Spesifikasi
1	Baterai	Tipe : GTZ5S Tegangan Rating : 12V_{DC} Kapasitas Baterai : 5Ah Brand : Quick *Start* Jenis Baterai : Valve Regulated Lead Acid
2	Resistor Beban	Tipe : Keramik Resistansi : 18Ohm
3	Multimeter	Fluke 787B
4	Amperemeter	UNI-T UT203
5	Prototipe sistem *monitoring* SoH	*Hardware* : ESP32 *Controller*, INA226, LCD 20×4, *Push Button*, MOSFET *Module*, LED *Indicators*, *Power Supply (*LM2595)

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan baterai ke rangkaian *discharge* pada alat, kemudian sistem diaktifkan melalui kontrol yang tersedia pada perangkat. Setelah sistem aktif, baterai akan terhubung ke beban sehingga terjadi proses *discharge*. Selama proses berlangsung, sensor INA226 membaca nilai tegangan dan arus baterai secara terus-menerus, dan hasil pembacaan ditampilkan pada layar LCD seperti Gambar 6.

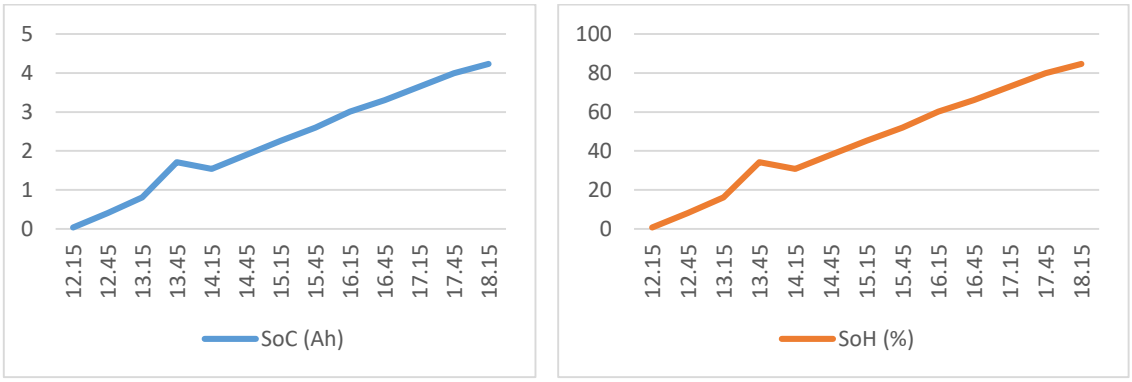


Gambar 6 Proses *Discharging* Baterai

Hasil pengujian pada Gambar 6 menunjukkan bahwa alat mampu melakukan proses *discharge* sesuai dengan perancangan. Tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan berjalannya waktu, yang menandakan bahwa proses pengosongan berlangsung dengan baik. Data tegangan dan arus yang ditampilkan pada LCD juga menunjukkan nilai yang stabil dan konsisten selama pengujian.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Discharge* Baterai

E (Wh)	V (VDC)	I (mA)	P (Watt)	SoH (%)	SoC (Ah)	TIME
0,35	12,31	758	9,225	0,8	0,04	12:15
5,22	12,19	753	9,181	8,2	0,41	12:45
9,88	12,06	751	9,065	16,2	0,81	13:15
14,16	11,95	743	8,878	34,2	1,71	13:45
18.59	11,86	736	8,728	30,8	1,54	14:15
22,91	11,77	711	8,37	38	1,9	14:45
27,07	11,68	707	8,252	45,2	2,26	15:15
31.06	11,58	700	8,109	52	2,6	15:45
35,8	11,45	691	7,916	60,2	3,01	16:15
39,03	11,35	684	7,757	66	3,3	16:45
43,04	11,2	674	7,543	73	3,65	17:15
46,79	11	661	7,21	79,8	3,99	17:45
48,7	10,8	661	7,138	84,6	4,23	18:15



Gambar 7 Grafik Pengujian SoH dan SoC Baterai

Berdasarkan hasil pengujian ditunjukan pada Tabel 4 dan grafik Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa sistem *discharge* baterai GTZ5S selama 5 Jam 45 menit didapakan hasil SoH sebesar 84,6% dengan *end voltage* baterai 10,8VDC sesuai *datasheet* baterai. Berdasarkan standar IEEE 1188-1996 Baterai dikatakan kondisi baik, Ketika kapasitas baterai terukur lebih besar atau sama dengan 80%. Pada pengujian dan pemantauan kondisi baterai GTZ5S dalam kondisi baik dan layak pakai.

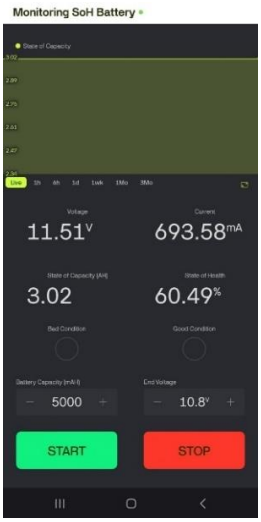
3.3.2 Pengujian Aplikasi Blynk

Pengujian aplikasi *Blynk* pada Gambar 8 dan Gambar 9 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan aplikasi dalam menampilkan data *monitoring* serta menjalankan fungsi kontrol sistem. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan perangkat ke jaringan internet, kemudian data hasil pembacaan sensor ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi. Selain itu, fitur kontrol seperti tombol *Start* dan *Stop* diuji untuk memastikan perintah dapat diterima dan dijalankan dengan baik oleh sistem.

Pada kondisi saat proses discharge berlangsung, diperoleh tegangan sebesar 11,51 V, arus 693,58 mA, kapasitas 3,02 Ah, dan nilai SoH sebesar 60,49%. Nilai arus menunjukkan baterai sedang mengalami pengosongan, sementara indikator LED hijau belum aktif karena SoH masih di bawah 80%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem indikator bekerja sesuai dengan logika yang telah dirancang.

Selanjutnya, pada kondisi SoH di atas 80%, diperoleh tegangan 11,21 V, arus 0 mA, kapasitas 4,23 Ah, dan SoH sebesar 84,6%. Tidak adanya arus menandakan proses *discharge* telah selesai, dan indikator LED hijau menyala sebagai tanda baterai berada dalam kondisi baik.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik dalam menampilkan data secara *real-time* serta menjalankan fungsi kontrol dan indikator kondisi baterai sesuai dengan nilai SoH. Integrasi antara perangkat dan aplikasi berjalan stabil dan informatif. Namun demikian, akurasi pengukuran arus masih memiliki deviasi yang cukup tinggi sehingga berpotensi memengaruhi ketelitian perhitungan kapasitas dan SoH. Selain itu, kinerja sistem masih bergantung pada kestabilan koneksi internet. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan pada aspek kalibrasi sensor dan keandalan komunikasi data untuk memperoleh hasil yang lebih presisi dan konsisten.



Gambar 8 Pengujian *Discharge* pada Aplikasi *Blynk*



Gambar 9 Hasil *Discharge* pada Aplikasi *Blynk*

4. KESIMPULAN

Sistem *monitoring State of Health* (SoH) baterai berbasis IoT yang dirancang telah berfungsi dengan baik berdasarkan hasil pengujian. Sensor INA226 menunjukkan akurasi tegangan yang sangat baik dengan rata-rata error 0,060% dan selisih rata-rata 0,005 V, sedangkan pengukuran arus memiliki rata-rata error 18,92% dengan selisih 112,84 mA namun tetap stabil untuk kebutuhan *monitoring* kapasitas. Pengujian *discharge* baterai GTZ5S 12V 5Ah menghasilkan kapasitas aktual 4,23 Ah dengan nilai SoH sebesar 84,6% pada tegangan akhir 10,8 VDC. Berdasarkan standar IEEE 1188-1996 (kapasitas ≥ 80%), baterai dinyatakan dalam kondisi baik dan layak pakai. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak digunakan sebagai alat *monitoring* kesehatan baterai secara *real-time* berbasis IoT.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan akurasi pengukuran arus melalui kalibrasi lanjutan atau penggunaan sensor dengan spesifikasi yang lebih presisi, serta penerapan metode estimasi tambahan seperti *Open Circuit Voltage (OCV)* atau algoritma berbasis model untuk mengurangi akumulasi error pada metode *Coulomb Counting*. Selain itu, pengujian pada berbagai jenis baterai dan siklus *charge-discharge* jangka panjang perlu dilakukan guna mengevaluasi konsistensi estimasi SoH serta memperluas penerapan sistem pada kondisi operasional yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Gresik atas dukungan akademik dan fasilitas serta apresiasi juga penulis sampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan yang konstruktif, serta kepada rekan-rekan yang telah

membantu dalam proses pelaksanaan penelitian. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada tim redaksi Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya atas kesempatan dan proses yang telah diberikan terhadap artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.

[2] T. Sutikno, W. Arsadiando, and H. S. Purnama, "Battery types and recent developments for energy storage in electric vehicles: technical criteria and battery management system," *Clean Energy*, vol. 9, no. 6, pp. 293–322, 2025, doi: 10.1093/ce/zkaf048.

[3] A. Stephie, "A Comprehensive Guide to Primary and Secondary Batteries," *Res. Rev. J. Pure Appl. Phys.*, vol. 11, no. 2, pp. 45–46, 2023, doi: 10.4172/2320-2459.11.2.010.

[4] I. W. C. Nugraha, S. Triwijaya, Y. Wianco, and M. Rukmana, "Prototipe Battery Management System dalam Fasilitas Operasi Perkeretaapian," *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 7, no. 2, pp. 61–70, 2023.

[5] R. H. Saputra, A. M. J. Marindra, M. A. Nursyeha, and D. K. A. Fariyani, "Performance Degradation Evaluation of a Lithium-Ion Battery from Multiple SoC Measurements," *J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 52–58, 2022, doi: 10.15294/jte.v14i2.40226.

[6] R. Swarnkar, H. Ramachandran, S. H. M. Ali, and R. Jabbar, "A Systematic Literature Review of State of Health and State of Charge Estimation Methods for Batteries Used in Electric Vehicle Applications," *World Electr. Veh. J.*, vol. 14, no. 9, 2023, doi: 10.3390/wevj14090247.

[7] X. Liu, J. Li, Z. Yao, Z. Wang, R. Si, and Y. Diao, "Research on battery SOH estimation algorithm of energy storage frequency modulation system," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 217–223, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2021.11.015.

[8] K. Tang *et al.*, "The State of Health Estimation of Lithium-Ion Batteries: A Review of Health Indicators, Estimation Methods, Development Trends and Challenges," *World Electr. Veh. J.*, vol. 16, no. 429, pp. 1–30, 2025, doi: 10.3390/wevj16080429.

[9] J. S. Menye, M. B. Camara, and B. Dakyo, "Lithium Battery Degradation and Failure Mechanisms: A State-of-the-Art Review," *Energies*, vol. 18, no. 342, 2025, doi: 10.3390/en18020342.

[10] T. Wang, H. Liu, W. Wang, and C. Yu, "Research on charging monitoring method for lithium-ion batteries based on magnetic field sensing," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 19, pp. 1–13, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.ijoes.2024.100711.

[11] M. Fischer *et al.*, "How degradation of lithium-ion batteries impacts capacity fade and resistance increase: A systematic, correlative analysis," *J. Power Sources*, vol. 656, no. July, pp. 1–16, Nov. 2025, doi: 10.1016/j.jpowsour.2025.237921.

[12] G. Luo, Y. Zhang, and A. Tang, "Capacity Degradation and Aging Mechanisms Evolution of Lithium-Ion Batteries under Different Operation Conditions," *Energies*, vol. 16, no. 4232, pp. 1–18, 2023, doi: 10.3390/en16104232.

[13] L. Timilsina, P. R. Badr, P. H. Hoang, G. Ozkan, B. Papari, and C. S. Edrington, "Battery Degradation in Electric and Hybrid Electric Vehicles: A Survey Study," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 1–35, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3271287.

[14] N. A. Arif, S. Mekhilef, M. Seyedmahmoudian, and A. Stojcevski, "Degradation in Li-ion batteries and capacity decline under different cycling conditions: A comprehensive review," *J. Energy Storage*, vol. 154, pp. 1–33, 2026, doi: 10.1016/j.est.2026.121270.

[15] A. Carnovale and X. Li, "A modeling and experimental study of capacity fade for lithium-ion batteries," *Energy AI*, vol. 2, p. 100032, 2020, doi: 10.1016/j.egyai.2020.100032.